Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 204 del 2 settembre 1997 - Serie generale

Spedizione in abbonamento postale (50%) - Roma

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Martedì, 2 settembre 1997** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DI GRAZIA E GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 85081

N. 173

MINISTERO PER LE POLITICHE AGRICOLE

DECRETO MINISTERIALE 1° agosto 1997.

Approvazione dei «Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo».

SOMMARIO

PRESIDENZA PER LE POLITICHE AGRICOLE

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO PER LE POLITICHE AGRICOLE

DECRETO 1° agosto 1997.

Approvazione dei «Metodi ufficiali di analisi fisica del suolo».

IL MINISTRO PER LE POLITICHE AGRICOLE

Visti i decreti ministeriali del 7 luglio 1990 n. 15517, 20 settembre 1990 n. 20611 e 3 gennaio 1996 n. 10001 con i quali è stato istituito e ricostituito il Comitato tecnico scientifico per l'osservatorio nazionale pedologico e per la qualità del suolo, con funzioni di consulenza e proposizione all'amministrazione centrale dell'agricoltura ed alle regioni e province autonome di iniziative in materia pedologica, tra l'altro in tema di standardizzazione di metodi di analisi del suolo;

Vista la deliberazione 10 maggio 1995, con cui il Comitato interministeriale per la programmazione economica ha approvato il Programma nazionale dei servizi di sviluppo agricolo, nel quale si fa esplicito riferimento, tra i servizi tecnici di supporto, al punto 82, all'attività ed alle iniziative per il suolo dell'osservatorio nazionale pedologico;

Vista la legge 15 marzo 1997 n. 59 recante delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della Pubblica amministrazione e per la semplificazione amministrativa;

Visto il decreto legislativo 4 giugno 1997 n. 143, recante conferimento alle regioni delle funzioni amministrative in materia di agricoltura e pesca e riorganizzazione dell'amministrazione centrale;

Visto in particolare l'art. 2, comma 2 della legge predetta, laddove si stabilisce che il Ministero per le politiche agricole svolga, tra l'altro, compiti di disciplina generale e coordinamento nazionale in diverse materie, tra le quali la tutela della qualità dei prodotti agroalimentari, caratteristica dipendente in buona parte dalle condizioni di gestione del suolo;

Vista la Convenzione internazionale contro la desertificazione negoziata nel 1994 in seguito alle raccomandazioni della Conferenza delle Nazioni Unite tenuta a Rio de Janeiro nel 1992, Convenzione sottoscritta dall'Italia e di prossima ratifica, che riflettendo il capitolo 12 dell'Agenda 21 dedica una diffusa e particolare attenzione alle problematiche di conoscenza, difesa e salvaguardia del suolo;

Vista la dichiarazione della Conferenza europea sullo sviluppo rurale tenuta a Cork nel 1996, ed in particolare il punto 4 - Sostenibilità, che afferma come le politiche degli stati membri della Unione europea devono promuovere lo sviluppo rurale che sostiene la qualità e la bellezza dei paesaggi rurali europei, con riferimento particolare alle risorse naturali, alla biodiversità e all'identità culturale del territorio;

Considerato che per una valida politica nazionale di programmazione dell'uso del suolo a fini agricoli, forestali ed altri ad essi collegati, va perseguita una approfondita conoscenza dello stesso nei suoi vari aspetti e che per ciò occorre, tra l'altro, definire al meglio le analisi da effettuare con l'individuazione di metodi di analisi fisica conformi alle più recenti acquisizioni ed uniformi su tutto il territorio nazionale, coerenti con le tendenze e gli indirizzi comunitari ed internazionali;

Considerato che l'Istituto sperimentale per la nutrizione delle piante, organismo scientifico specialistico del Ministero per le politiche agricole, ha definito gli accennati metodi di analisi fisica del suolo anche nell'ambito delle collaborazioni e delle conoscenze del Comitato per l'osservatorio nazionale pedologico precitato;

Ritenuto opportuno approvare e rendere ufficiali i metodi stessi perché ne sia consentita la più diffusa utilizzazione nel territorio nazionale;

Decreta:

Articolo unico

Al fine di disporre di metodi di conoscenza standardizzati del suolo e per gli scopi di cui alle premesse, sono approvati e resi ufficiali i Metodi di analisi fisica del suolo di cui all'allegato al presente decreto, che ne costituisce parte integrante.

Il presente decreto sarà pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 1° agosto 1997

Il Ministro: PINTO

ALLEGATO

METODI UFFICIALI
DI ANALISI FISICA DEL SUOLO

Metodo 1

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE (METODO DEL CAROTAGGIO)

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per la determinazione della massa volumica apparente di un campione di suolo di volume noto. La massa volumica apparente asciutta del suolo è definita come la massa del suolo seccato a 105 °C per unità di volume. La massa volumica include il volume dei solidi e quello dello spazio poroso. Il metodo non è applicabile per i suoli con alta percentuale di scheletro.

2. Principio

Prelievo di carote con cilindri di volume noto. La massa volumica apparente viene calcolata una volta essiccato il campione in stufa e pesato.

3. Apparecchiatura

3.1 Carotatori cilindrici in metallo (acciaio) con il bordo inferiore leggermente affilato, di volume noto (generalmente compreso fra 100 e 400 cm^3). Più opportuno è il carotatore con manica interna: in questo caso il corpo esterno dello strumento porta all'interno un alloggiamento per una manica di metallo sottile che raccoglie il campione in modo indisturbato mentre il bordo tagliente del corpo esterno ha il compito di penetrare.

3.2 Stufa ventilata che possa raggiungere e stabilizzarsi sui 105 °C ± 2°C.

3.3 Essiccatore.

3.4 Bilancia analitica (risoluzione a 1/100 di g).

4. Procedimento

Collezione di campioni di suolo per mezzo di carotatori che possono essere gestiti sia manualmente, che assistiti da un sistema idraulico. Il carotatore viene inserito verticalmente nel suolo con pressione costante e con velocità non alta in modo da ridurre al massimo gli effetti degli attriti laterali sul campione. Massima attenzione deve essere posto nella scelta del momento del campionamento. Se il suolo appare troppo duro o troppo bagnato è bene non eseguire campionamenti in quanto i disturbi portati al campione possono essere troppo grandi. Nel primo caso possono essere indotte fratturazioni e nel secondo compattazioni. In genere viene considerato adeguato un contenuto idrico del suolo tale da permettere un inserimento manuale del carotatore. Devono essere ridotti al minimo percussioni con martelli ed altri attrezzi simili: il loro uso determina per lo più deformazioni nel campione (stress laterali, compattazioni, fratturazioni, ecc.). Una volta inserito, si deve scavare con un coltello od altro attrezzo adeguato (spatole smielatrici, vanghette da giardiniere, ecc.) intorno al carotatore per liberarlo, con il campione di suolo sporgente dalla parte inferiore, in modo da non indurre deformazioni nel prelievo. Il campione viene poi ridotto alle dimensioni del cilindro campionatore con l'uso di coltellini, forbicine per tagliare le radici, con l'accortezza di non perdere suolo nelle operazioni. Si definisce così il volume noto del campione. A tale scopo è bene eseguire ciò su un foglio di carta o di plastica così da poter recuperare particelle di competenza del campione. Il campione trasportato in laboratorio viene posto in stufa a 105 °C. Il campione viene pesato ogni 24 ore dopo averlo fatto raffreddare in essiccatore. Raggiunta la massa costante questa rappresenta il peso secco del suolo (P_{ss}).

5. Espressione dei risultati

Il valore della massa volumica apparente (ρ_a), essendo il volume del suolo (V_s) uguale a quello del carotatore (V_{car}), sarà data da:

$$\rho_a = P_{ss}/V_s \qquad [kg\ m^{-3}]$$

6. Note

Nella scelta delle dimensioni del carotatore è bene tenere presenti le condizioni e le caratteristiche del suolo e l'uso che dovrà essere fatto del campione. E' bene ricordare che sovente campioni indisturbati vengono utilizzati per la determinazione di curve di ritenzione. Allo scopo alcuni accorgimenti vengono di seguito presentati:

il diametro del campionatore deve essere tale da potere contenere almeno 5 - 7 unità strutturali, se la struttura del suolo è rappresentata da aggregati grumosi, di qualsiasi grandezza, ovvero poliedrici subangolari ed angolari fini e medi, ovvero prismatici fini. In questi casi, campionatori di dia-

metro di circa 7 - 8 cm e di altezza di 4 cm (volume: 154 e 200 cm^3 rispettivamente) vengono ritenuti utilizzabili ed i risultati ottenuti considerati sufficientemente accurati;
per tipi strutturali poliedrico subangolari, angolari e prismatici di dimensioni maggiori, il metodo del carotatore appare inutilizzabile, dovendo raggiungere dimensioni tanto grandi da risultare ingestibili. In tali casi è meglio riferirsi al metodo dello scavo (Metodo 2). Per orizzonti Ap appena lavorati e che non abbiano sopportato una certa compattazione naturale è opportuno utilizzare il metodo dello scavo; la debole strutturazione e l'alta dinamicità del sistema consigliano tale metodo piu che quello del carotatore che può essere usato dopo che siano trascorsi almeno 4 - 5 mesi dalle lavorazioni principali;
la presenza di radici di diametro maggiore a 1 mm, lignificate e in quantità maggiore di 10 in 100 cm^2 rende l'uso del carotatore impossibile in quanto il bordo tagliente non può tagliare ma solo strappare le radici, alterando così la geometria strutturale del campione.

Metodo 2

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE (METODO DELLA ESCAVAZIONE)

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per la determinazione della massa volumica apparente di un campione di suolo di volume noto. La massa volumica apparente asciutta del suolo è definita come la massa del suolo seccato a 105 °C per unità di volume. La massa volumica include il volume dei solidi e quello dello spazio poroso. Il metodo è consigliabile per i suoli con alta percentuale di scheletro.

2. Principio

La massa volumica apparente si determina scavando una certa quantità di terreno, facendolo essiccare e quindi pesandolo. Il volume del terreno scavato si determina riempiendo l'escavazione con sabbia.

3. Apparecchiatura

3.1 Attrezzatura per l'escavazione (pala, zappa, vanga, ecc.).
3.2 Attrezzatura per il campionamento.
3.3 Sacchetti di plastica.
3.4 Sabbia secca con granuli compresi fra 500 e 700 mm.
3.5 Contenitore per la sabbia che porti un imbuto con rubinetto nella parte inferiore.
3.6 Piastra con un foro centrale di diametro uguale al diametro di uscita dell'imbuto; la piastra, quadrata, avrà dimensioni tali, in modo che il lato sia circa il doppio del diametro dell'imbuto;
3.7 Cilindro graduato.
3.8 Stufa ventilata che possa raggiungere e stabilizzarsi sui 105 °C ± 2°C.
3.9 Essiccatore.
3.10 Bilancia analitica (risoluzione a 1/100 di g).

4. Procedimento

Tale metodo è da preferirsi ogni volta che il metodo del carotatore non e significativamente utilizzabile, cioe quando sia presente una alta percentuale di scheletro, di radici, quando la struttura non permetta un adeguato campionamento con il carotatore e quando siamo in presenza di orizzonti lavorati da poco tempo. Il metodo consiste nell'escavare una quantità di suolo, interessando solo l'orizzonte o la profondità in questione. La quantità di suolo scavata viene pesata e se ne determina il contenuto idrico per mezzo di sottocampioni. Il volume viene determinato riempiendo lo scavo con sabbia. Il metodo distribuisce gli errori di misura delle rugosità delle pareti dello scavo su un grosso volume di suolo campionato, riducendone così l'importanza relativa.
Affinché il metodo possa dare risultati accurati è importante che la misura del volume sia la più precisa possibile. Siccome si risale a tale misura da termini di peso è bene che il metodo sia dapprima tarato in laboratorio.
A tale scopo si utilizza un cilindro di volume noto che verrà riempito con la sabbia facendola fluire dal contenitore attraverso l'imbuto. Il peso della sabbia fluita a riempire il cilindro calibratore fornirà una densità di accatastamento della sabbia (massa volumica apparente della sabbia) così come si accatasta nel fluire.
In campo si scava una buca delle dimensioni della piastra, per la profondità voluta; tutto il suolo escavato viene prelevato; si pone in posto la piastra con l'apparato pieno di sabbia perfettamente essiccata a 105 °C e conservata in recipiente chiuso e perfettamente impermeabile; si apre il rubinetto e si lascia fluire la sabbia; di quando in quando si livella la sabbia nella buca senza comprimere; quando la sabbia ha raggiunto il livello della piastra l'operazione è terminata.

5. Espressione dei risultati

Occorre ora disporre di una serie di valori:

- Peso dell'apparato pieno di sabbia (P_a);
- Peso dell'apparato con la sabbia residua al termine della prova (P_{ar}); deve essere fatta attenzione a misurare anche, ed includerlo in questo, il peso della sabbia che rimane nello spazio compreso tra il rubinetto dell'apparato e la piastra, al di sopra di questa; è bene misurare in laboratorio quest'ultima frazione di peso della sabbia residua;
- Peso della sabbia fluita nella buca scavata (P_{sf});
- Densità di accatastamento della sabbia ottenuta in laboratorio (ρ_{sab});
- Peso del campione di suolo escavato (P_s);

- Contenuto idrico del campione di suolo escavato, ottenuto su sotto campioni (θ);
- dal peso della sabbia fluita nella buca si risale al volume della buca (V_s) utilizzando la ρ_{sab} ottenuta in sede di taratura:

$$V_s = P_{sf}/\rho_{sab}$$

- dal contenuto idrico dei sottocampioni di suolo si risale al peso secco di tutto il campione escavato:

$$P_{ss} = P_s/(1 + \theta)$$

Ottenuti i valori di volume della buca e di peso del campione escavato si ottiene facilmente la massa volumica apparente del suolo in esame.

$$\rho_a = P_{ss}/V_s \qquad [kg\ m^{-3}]$$

6. Note

Massima attenzione deve essere posta nel accatastare la sabbia durante le operazioni di campo così come durante le operazioni di taratura di laboratorio.

Metodo 3

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per la determinazione del contenuto d'acqua del suolo (Metodo gravimetrico). Il contenuto d'acqua viene generalmente definito come rapporto tra la massa dell'acqua presente nel suolo e la massa del suolo secco o attraverso il volume d'acqua presente nell'unità di volume di suolo. In entrambi i casi la precisione delle determinazioni e legata ad una sicura individuazione delle condizioni di "suolo secco". Il metodo è applicabile a tutti i tipi di suoli.

2. Principio

Il metodo si basa sulla misura delle riduzioni di peso di un campione di suolo posto in stufa ad una prefissata temperatura (105 °C) e per un tempo stabilito.

3. Apparecchiatura

3.1 Trivelle od altre attrezzature che consentano il prelievo di campioni di suolo alla profondità richiesta.
3.2 Contenitori a chiusura ermetica.
3.3 Stufa con temperatura controllata e possibilmente con ventilazione forzata.
3.4 Essiccatore.
3.5 Bilancia per pesare i campioni.

4. Procedimento

Dopo il prelievo il campione di suolo viene pesato immediatamente o riposto in un contenitore a chiusura ermetica in modo da rendere trascurabile l'evaporazione dell'acqua prima della determinazione del suo peso. Successivamente, dopo avere rimosso l'eventuale coperchio, il campione viene posto in una stufa alla temperatura di 105 °C ed essiccato. Il tempo di permanenza in stufa del campione deve essere tale da garantire che si siano raggiunte condizioni di peso stabile e dipende dal tipo, dall'efficienza e dal carico della stufa, dalla grandezza del campione e dalla natura del suolo. In genere è sufficiente un tempo di permanenza in stufa di 12 ore nel caso di ventilazione forzata e di 24 ore per stufe a convezione. Si può ritenere che si sia raggiunta una costanza del peso quando tra due misure effettuate ad un intervallo di tempo di 1 ora non si riscontrino variazioni superiori allo 0,1 % del peso iniziale del campione. Una volta estratto il campione dalla stufa questo viene riposto in un essiccatore in presenza di un disseccante attivo e fatto raffreddare, successivamente il campione viene pesato e viene determinata la tara del contenitore.

5. Espressione dei risultati

Terminata la suddetta procedura si può determinare il contenuto d'acqua per unità di massa secca del suolo θ_m attraverso la relazione:

$$\theta_m = \frac{\text{peso del campione umido - peso del campione secco}}{\text{peso del campione secco}}$$

Per esprimere il contenuto d'acqua su basi volumetriche (θ) è necessario conoscere anche la massa volumica apparente del suolo e si utilizza la relazione:

$$\theta = \theta_m \, \rho_a / \rho_w$$

in cui con ρ_a si e indicato l'appropriato valore della massa volumica apparente del suolo e con ρ_w la densità dell'acqua.
A causa della variabilità spaziale delle caratteristiche del suolo, per non introdurre errori, è necessario che la misura di densità apparente sia effettuata sullo stesso campione utilizzato per la determinazione gravimetrica θ_m effettuando i prelievi con un campionatore di volume noto e con tecniche che rendano trascurabili le campattazioni del suolo.

6. Note

In genere si consiglia di operare su campioni di 100÷200 g; in presenza di scheletro si raccomanda di utilizzare campioni di maggiore dimensione in modo che risultino sufficientemente rappresentativi.
Nel caso di suoli con elevata pietrosità la determinazione del contenuto d'acqua in volume risulta più complessa e bisogna determinare non solo il peso ed il contenuto d'acqua della frazione fine ma anche quello relativo alla parte grossolana. In questi casi non è possibile utilizzare campionatori ma viene impiegato il metodo dello scavo per valutare il volume del campione. Quando si possa trascurare l'acqua nelle pietre Gardner (1986) suggerisce di utiliz-

zare la seguente relazione per valutare il contenuto d'acqua in volume θ:

$$\theta = \frac{\theta_{mf}\, \rho_a / \rho_w}{1 + M_g / M_f}$$

in cui θ_{mf} è il contenuto d'acqua in peso della frazione fine, ρ_a e ρ_w sono rispettivamente la massa volumica apparente di tutto il campione (compreso le pietre) e la densità dell'acqua e M_g ed M_f sono le masse della parte grossolana e di quella fine dopo l'essiccazione.
Per la reperibilità delle apparecchiature richieste, per la facilità di esecuzione delle misure e per l'estrema semplicità dei calcoli, questo metodo è largamente utilizzato. Se eseguito con cura può raggiungere elevate precisioni ed è spesso impiegato quale metodo di riferimento per la calibrazione dei metodi indiretti.

7. Riferimenti Bibliografici

GARDNER W.H., 1986 - Water content. In: Methods of soil analysis, part 1; second edition (Klute, A., ed.). Am. Soc. Agron., Madison, WI, pp., 493-544.

Metodo 4

DETERMINAZIONE DELLA RITENZIONE IDRICA (METODO DELLA CASSETTA TENSIOMETRICA)

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per determinare la curva di ritenzione a basse tensioni di un suolo. Si definisce come ritenzione idrica di un suolo la caratteristica fisica descritta dalla relazione tra il contenuto idrico e il suo stato energetico (potenziale di matrice); tale relazione può essere espressa da una funzione rappresentata da una curva, da cui la dizione "curva di ritenzione".

Il potenziale può essere espresso in termini di volume, di massa o di peso; se ne riportano le unità di misura:

$\Psi v = p$ [Pa]

$\Psi m = p/\rho$ [J kg^{-1}]

$\Psi p = p/g$ [J kgf^{-1} m]

I simboli significano:

Ψ: potenziale di matrice, con il pedice indicante i termini in cui viene espresso;

p: suzione agente sul liquido, quindi pressione negativa;

ρ: massa volumica reale dell'acqua;

g: accelerazione di gravità.

Il potenziale dell'acqua viene generalmente espresso in *kPa*; è di segno negativo in quanto assume valori negativi rispetto a quello dell'acqua pura presa come sistema di riferimento (il segno - indica che per estrarre quest'acqua occorre spendere energia).

Si presentano in Tavola 1 le più frequenti espressioni del potenziale di matrice in termini di pF (colonna 1), volumetrico (colonna 2) e di peso (colonna 3): si ricorda che il valore di pF è il $\log_{10}$ del potenziale espresso in termini di peso (cm); tale espressione non è più utilizzata nelle relazioni scientifiche, ma appare utile presentarla dato che molte ditte fornitrici di apparecchiature scientifiche la usano nei cataloghi e nella documentazione allegata agli strumenti.

La ritenzione idrica è dipendente dalla tessitura o distribuzione dimensionale delle particelle del suolo, dalla struttura o disposizione spaziale delle particelle, dal contenuto in sostanza organica e dalla composizione della soluzione del suolo. La sostanza organica influenza la curva di ritenzione idrica sia per la sua natura idrofila sia per l'influenza che essa ha sulla struttura e soprattutto sulla sua stabilità.

Tavola 1 - Espressioni del Potenziale di matrice

pF	kPa	cm (H_2O)
1	1	10
1,78	6	60
2	10	100
2,3	20	200
2,5	33,3	333
2,7	50	500
3	100	1000
3,5	300	3000
4,2	1500	15000

La conoscenza delle relazioni tra potenziale di matrice e relativo contenuto idrico è necessaria per: la definizione delle proprietà idrauliche del suolo; la valutazione della quantità di acqua disponibile per la vegetazione (calcolo della quantità irrigua e turnazione; progettazione di sistemi di drenaggio); la valutazione del rischio di inquinamento od asportazione dal suolo di composti chimici; la valutazione di qualità fisiche del suolo quali la lavorabilità, la percorribilità, la erodibilità, la radicabilità, ecc.

2. Principio

Il principio fondamentale su cui tutti i metodi si basano è la misura del potenziale dell'acqua e del relativo contenuto idrico. I valori della ritenzione idrica variano a seconda che questa venga misurata durante il processo di prosciugamento o di inumidimento; il processo è quindi isteretico. La funzione di inumidimento presenta, a parità di livello energetico (potenziale) contenuti idrici inferiori a quelli presentati dalla funzione di prosciugamento.

In questa sede viene considerata solo la funzione di prosciugamento in quanto di più frequente interesse pratico.

Il principio fisico su cui si basa la cassetta tensiometrica è dato dal fatto che in un sistema trifase si determina un equilibrio tra le forze agenti sull'unità di massa idrica. Nelle operazioni di laboratorio, la pres-

sione esterna imposta è negativa (tensione). Il processo analitico prevede l'imposizione di una tensione esterna su un campione di suolo indisturbato, previamente inumidito a saturazione, fine a che non si sia verificata una situazione di equilibrio; a questo punto si determina il contenuto idrico che presenta un potenziale di matrice uguale alla tensione imposta.

3. Apparecchiatura

3.1 Cassetta tensiometrica (Fig. 1): è costituita da una cassetta metallica, di dimensioni consigliate di 40 (profondità) x 75 (larghezza) x 35 (altezza) cm, che presenta un foro di circa 2 cm di diametro sul fondo. La cassetta è sorretta da un telaio al quale è attaccata un'asta lunga 1 m, graduata in cm e mm. All'interno la cassetta ha un sistema drenante, formato da tubi (di 1 cm di diametro) forati (diametro dei fori circa 1,5 mm, distanziati di 1 cm), che esce dalla cassetta attraverso il foro sul fondo. Il sistema drenante è ricoperto da un tessuto di nylon a maglia di circa 50 micron che impedisce alla sabbia di essere risucchiata nei dreni. Il tubo di uscita è collegato ad un sistema di livello (bottiglia di Mariotte) che scorre sull'asta graduata. Il sistema di livello scarica l'acqua eccedente in una buretta graduata di raccolta.

La cassetta viene riempita da sabbia fine e limo grosso (dimensioni tra 100 e 20 microns, mineralogicamente non carbonati) fino a ricoprire il sistema drenante per almeno 3 cm. La sabbia ed il limo grosso devono essere previamente lavati e trattati con acqua ossigenata per eliminare le particelle argillose e la sostanza organica che nel tempo potrebbe subire trasformazioni in un ambiente riducente.

Il riempimento viene fatto in sospensione leggermente agitata, aspirando contemporaneamente l'aria intrappolata sia nei dreni che sulle particelle.

Il sistema di misura del livello deve presentare lo zero al di sopra del livello della sabbia in corrispondenza alla metà dell'altezza del campione.

Esiste la possibilità di configurare una cassetta tensiometrica che possa raggiungere tensioni fino a -50 kPa. Tali strumenti presentano in superficie uno strato di caolino dello spessore di circa 5 mm: ciò conferisce una porosità dimensionalmente inferiore a quella data dalla sola sabbia ed un valore di entrata dell'aria superiore a 60 kPa. Il *valore di entrata dell'aria* è la massima pressione che i menischi idrici nei pori possono sopportare prima di lasciare passare l'aria. La tensione viene imposta con l' ausilio di una pompa a vuoto collegata al dreno della cassetta; la depressione impostata è controllata da un preciso sistema di regolazione.

3.2 Stufa termostatata in grado di mantenere una temperatura di 105 ± 2°C.

3.3 Pesafiltri.

3.4 Bilancia analitica con risoluzione minima di 1 mg.

3.5 Carta da filtro.

3.6 Spatola a lama larga.

4. Procedimento

La cassetta tensiometrica può essere usata per la determinazione della ritenzione idrica a basse tensioni. Nella configurazione a sola sabbia possono essere imposte tensioni fino a -10 kPa (h = 1 m), mentre nella configurazione sabbia+caolino possono essere raggiunte tensioni fino a -50 kPa (h = 5 m).

4.1 I campioni vengono rastremati con un coltellino sulla base e sul tetto in modo da ottenere un volume noto, uguale a quello del cilindro contenitore. Alla base può essere posta una cuffietta di tessuto di nylon, previamente pesata, a maglia di 30 micron, in modo da non perdere suolo nel movimento del campione. Il campione viene portato a saturazione per imbibizione dal basso nella cassetta tensiometrica e viene pesato. Si pone lo zero dell'asta misuratrice a metà dell'altezza del campione: sara questo il livello equivalente alla tensione nulla (saturazione). Le tensioni sono imposte facendo scorrere il sistema di livello lungo l'asta misuratrice, in modo che lo sfioratore corrisponda con il dislivello prescelto. In genere sono imposte tensioni di -1, -2, -5, -8 e -10 kPa (rispettivamente 10, 20, 50, 80 e 100 cm).

4.2 Per ogni tensione imposta si attende il raggiungimento dell'equilibrio, sempre controllando la buretta di raccolta. Si pesa il campione, non senza aver prima pulita attentamente la cuffietta alla base. Si ottengono in questo modo i pesi umidi lordi. Dopo la pesata si ripone il campione sulla cassetta e si impone la tensione superiore, raggiungendola con piccoli incrementi.

Raggiunta la massima tensione, il campione può essere portato sulla cassetta a sabbia+caolino od essere immesso nella cella a pressione e possono essere determinati gli altri punti della curva di ritenzione. Se ciò non fosse necessario, il

campione viene fatto asciugare in stufa seguendo la procedura descritta ai punti 4.3 e 4.4.
Se viene usata la cassetta a sabbia + caolino, le depressioni imposte col vacuometro sono in genere -20, -33 e -50 kPa (corrispondenti a -200, -333 e -500 cm). Il trattamento dei campioni ed il controllo del raggiunto equilibrio viene effettuato come per la cassetta a sabbia.

4.3 Raggiunto l'equilibrio alla massima tensione scelta, il campione viene pesato e, quindi, fatto asciugare in stufa a 105°C.

4.4 Trovato il peso secco lordo si risale a quello secco netto eliminano le tare note (peso del cilindro e della cuffietta); similmente si risale ai pesi umidi netti dai relativi pesi lordi.

5. Espressione dei risultati

Si calcolano quindi i vari contenuti idrici, in percentuale di peso secco, con la seguente operazione

$$\theta\,(\psi)\ \frac{Pnu - Pna}{Pna} \times 100$$

dove Pnu e il peso netto umido; Pna è il peso netto asciutto a 105 °C; θ (Ψ) è il contenuto idrico corrispondente al potenziale Ψ.

6. Note

Per un corretto uso della cassetta tensiometrica, molta attenzione deve essere posta a che il sistema drenante, fino al sistema di livello, sia mantenuto privo di bolle d'aria che potrebbero interrompere il contatto idraulico e quindi impedire il richiamo imposto dal dislivello. Nelle cassette tensiometriche si deve impedire la formazione di muffe e mucillaggini: a questo scopo è bene smontare la cassetta e lavare la sabbia e sterilizzarla in forno, con antifungini (per esempio: dicloropentafenolo a bassa concentrazione, operando con la massima attenzione perché tali composti sono pericolosi per l'uomo!), ovvero con una soluzione di acido borico.
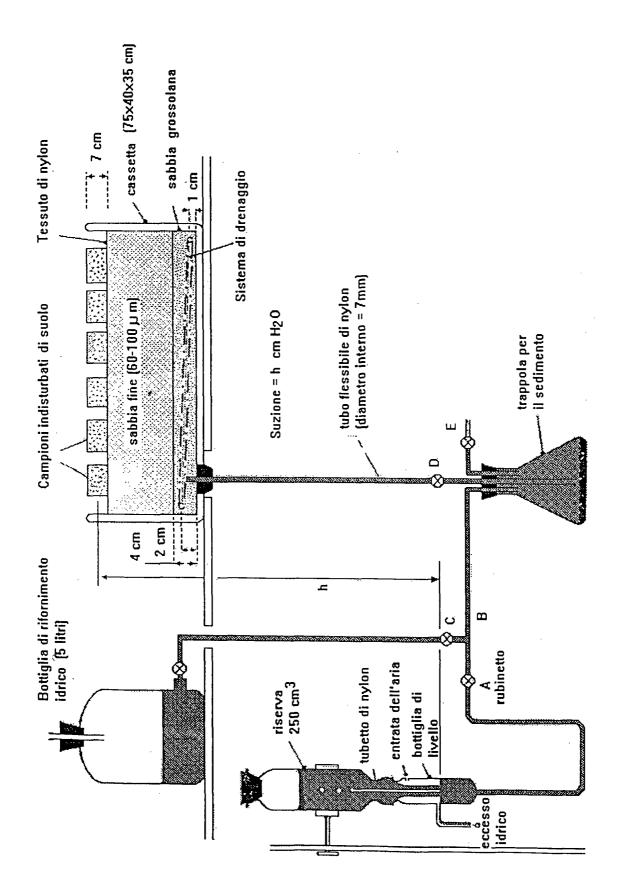
Fig 1 - Schema di cassetta tensiometrica

Metodo 5

DETERMINAZIONE DELLA RITENZIONE IDRICA (METODO DELL'APPARATO A PRESSIONE - PIASTRE DI RICHARDS)

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per determinare la curva di ritenzione idrica ad alte tensioni di un suolo. Per ulteriori informazioni inerenti il campo di applicazione vedere il paragrafo 1 del Metodo 4.

2. Principio

Il principio fondamentale su cui tutti i metodi si basano è la misura del potenziale dell'acqua e del relativo contenuto idrico. I valori della ritenzione idrica variano a seconda che questa venga misurata durante il processo di prosciugamento o di inumidimento; il processo è quindi isteretico. La funzione di inumidimento presenta, a parità di livello energetico (potenziale) contenuti idrici inferiori a quelli presentati dalla funzione di prosciugamento.
In questa sede viene considerata solo la funzione di prosciugamento in quanto di piu frequente interesse pratico.
Il principio fisico su cui si basa l'apparato a pressione e dato dal fatto che in un sistema trifase si determina un equilibrio tra le forze agenti sull'unità di massa idrica. Nelle operazioni di laboratorio, la pressione esterna imposta è positiva. Il processo analitico prevede l'imposizione di una pressione esterna su un campione di suolo indisturbato, previamente inumidito a saturazione, fine a che non si sia verificata una situazione di equilibrio; a questo punto si determina il contenuto idrico che presenta un potenziale di matrice uguale alla pressione imposta, cambiato il segno.

3. Apparecchiatura

3.1 Apparato (o cella) a pressione (apparato di Richards): questa strumentazione è costituita da una camera a pressione, da una membrana permeabile, da un sistema di regolazione della pressione, da una sorgente di aria compressa, da un sistema di controllo del flusso idrico che esce dalla camera a pressione. La membrana può essere sostituita da piatti di ceramica porosa.
La sorgente di aria compressa può essere o un compressore od un sistema di bombole con gas inerte sotto pressione. Si usa il gas quando si vogliano fare determinazioni chimiche sul liquido effluente. In ogni caso la sorgente deve avere una capacità sufficiente a soddisfare le richieste dell'apparato e deve poter fornire pressioni superiori a 1600 kPa.
Il sistema di regolazione della pressione deve essere tale da poter controllare almeno due camere, di cui una per basse ed una per alte pressioni: si possono così condurre piú prove nello stesso tempo, riducendo i costi di analisi. Per un sistema di questo tipo occorre un regolatore di pressione generale, con un adeguato manometro, agente nel campo da 0 a 1800 kPa. Con questo regolatore si controlla la pressione di uscita dal sistema fornitore aria compressa. A valle di questo si pone un regolatore che serve la camera per alte pressioni. Il sistema di regolazione prevede quindi un regolatore riduttore (agente da 0 a 300 kPa) posto tra il precedente ed uno ad alta precisione che permette la regolazione di piccole pressioni (tra 0 ed 100 kPa.): con quest'ultimo si gestisce la camera per le basse pressioni. Ogni regolatore deve essere accoppiato a manometri di alta precisione e sensibilità. Per la misura delle basse pressioni può essere usato un manometro a mercurio.

Esistono vari tipi di camere a pressione: celle fornite di un piatto poroso e celle con membrana di acetato di cellulosa. Le prime vengono usate per pressioni fino ad 100 kPa; le seconde fino a 1600 kPa. La Fig. 1 rappresenta uno schema dell'apparato per le alte pressioni.

Il sistema di controllo dell'effluente è costituito da una buretta con calibrazione a 1 mm^3 collegata con un tubicino di nylon al foro di uscita dalla camera. Nella buretta si raccoglie il liquido effluente la cui evaporazione viene impedita da un velo di olio enologico.

Si ricordano quali sistemi devono essere usati nelle determinazioni, a seconda delle pressioni imposte:

pressione inferiore a 20 kPa (200 cm):

- camera di pressione resistente almeno fino a 100 kPa;
- membrana costituita da un foglio di acetato di cellulosa con grado di porosità da 200 a 450 appoggiato su uno o due strati di fibra di vetro per facilitare i movimenti laterali dell'acqua verso le connessioni esterne; in alternativa piatto poroso di ceramica con valore di entrata dell'aria maggiore a 100 kPa;
- sistema di regolatori della pressione da 0 a 50 kPa, con adeguati manometri;

pressione compresa tra 20 e 100 kPa (200 e 1000 cm):

- camera a pressione resistente almeno fino a 200 kPa;
- piatto di ceramica porosa con valore di entrata dell'aria superiore a 200 kPa, supportato con un foglio di gomma per consentire i movimenti laterali dell'acqua verso le connessioni esterne;
- sistema di regolatori di pressione con manometri con fondo scala fino a 200 kPa;

pressione compresa tra 100 e 1500 kPa (1000 e 15000 cm):

- camera a pressione resistente fino a 20000 kPa;
- piatto di ceramica porosa con valore di entrata dell'aria superiore a 15000 kPa o membrana di acetato di cellulosa con similare valore di entrata dell'aria;
- sistema di regolatori di pressione con manometri con fondo scala fino a 20000 kPa.

Il *valore di entrata dell'aria* è la massima pressione che i menischi idrici nei pori possono sopportare prima di lasciare passare l'aria. In ultima analisi dipende dal maggior raggio presentato dai pori.

3.2 Stufa termostatata in grado di mantenere una temperatura di 105 ± 2°C.

3.3 Pesafiltri.

3.4 Bilancia analitica con risoluzione minima di 1 mg.

3.5 Carta da filtro.

3.6 Spatola a lama larga.

4. Procedimento

Si usano campioni indisturbati di suolo, prelevati con cilindri metallici (acciaio), previamente pesati e numerati, di diametro tra 6 e 10 cm ed altezza da 3 a 4 cm. I volumi variano quindi tra 85 e 315 cm^3. Si sconsigliano campioni di dimensioni inferiori o troppo superiori perché i primi appaiono poco rappresentativi delle unità strutturali che li compongono; quelli superiori possono rendere le misure troppo lunghe: la durata delle misure può essere stimata in un numero di giorni uguale al valore del quadrato dell'altezza del campione, espressa in cm.

Si seguono le seguenti operazioni.

4.1 I campioni vengono rastremati con un coltellino sulla base e sul tetto in modo da ottenere un volume noto, uguale a quello del cilindro contenitore. Alla base può essere posta una cuffietta di tessuto di nylon, previamente pesata, a maglia di 30 micron, in modo da non perdere suolo nel movimento del campione.

4.2 Il piatto poroso o la membrana di cellulosa sono portati a saturazione; su di essi si versa un passante limoso a 53 micron per un'altezza di circa 1/2 mm: tale artificio manterrà il contatto idraulico tra campione e piatto o membrana, senza aumentare l'impedenza al flusso.
4.3 Il campione viene portato a saturazione per imbibizione dal basso sopra il piatto poroso e viene pesato. Per la saturazione del campione è consigliabile utilizzare una soluzione di $CaSO_4$ 0,005 M, in quanto l'acqua potrebbe causare la dispersione delle argille, specialmente se queste sono rigonfiabili o sodiche. La prova si ripete fino a quando il peso non rimane pressoché costante. Nel trattamento si deve asciugare la superficie esterna del cilindro contenitore e la cuffietta alla base deve essere pulita attentamente dalle particelle di limo che possono esservi attaccate.
4.4 Una volta raggiunta la saturazione si iniziano le misure applicando via via pressioni maggiori. Per ogni pressione si deve raggiungere l'equilibrio nel campione, cosa che viene rilevata dalla costanza di lettura dell'efflusso raccolto nella buretta graduata. Ad equilibrio raggiunto si scarica la pressione, si apre la cella e si pesa il campione, non senza aver prima pulita attentamente la cuffietta alla base. Si ottengono in questo modo i pesi umidi lordi. Dopo la pesata si ripone il campione nella cella, avendo bagnato con alcune gocce d'acqua lo straterello di limo in modo da ristabilire il contatto idraulico tra piatto poroso e campione. Chiusa la cella si impone la pressione superiore, raggiungendola con piccoli incrementi. Una rapida imposizione della pressione superiore può recare danni alla membrana di cellulosa, imponendo una sua sostituzione.
Si consiglia di applicare le seguenti pressioni: 5, 10, 33, 50, 100, 200, 500, 1000 e 1500 kPa. In questo modo è possibile ottenere una accurata curva di ritenzione in tempi ragionevolmente brevi.
4.5 Raggiunto l'equilibrio alla massima pressione scelta, il campione viene pesato e, quindi, fatto asciugare in stufa a 105°C.
4.6 Trovato il peso secco lordo si risale a quello secco netto eliminano le tare note (peso del cilindro e della cuffietta); similmente si risale ai pesi umidi netti dai relativi pesi lordi.

5. Espressione dei risultati

Si calcolano quindi i vari contenuti idrici, in percentuale di peso secco, con la seguente operazione

$$\theta(\psi)\ \frac{Pnu - Pna}{Pna} \times 100$$

dove Pnu è il peso netto umido; Pna è il peso netto asciutto a 105 °C; θ (Ψ) è il contenuto idrico corrispondente al potenziale Ψ.

6. Note

Gli apparati descritti dovrebbero essere sistemati in un ambiente termostatizzato, tenuto a temperatura intorno a 20 °C. Tale ambiente impedisce che variazioni di temperatura durante le misure causino variazioni di densità e tensione superficiale dell'acqua, falsando in questo modo le misure. Per la determinazione delle ritenzioni a basse tensioni è preferibile utilizzare le cassette tensiometriche (Metodo 4). La tensione imposta non varia al variare della pressione atmosferica, cosa che invece influisce sulle misure agli stessi potenziali, effettuate nelle celle a pressione. Per queste la pressione di riferimento è quella atmosferica. Le variazioni barometriche influiscono notevolmente, soprattutto se rapide e frequenti nel tempo, rendendo impossibile una sicura definizione del punto d'equilibrio. Ciò può essere trascurato una volta che si determino ritenzioni a potenziali inferiori a -10 kPa.
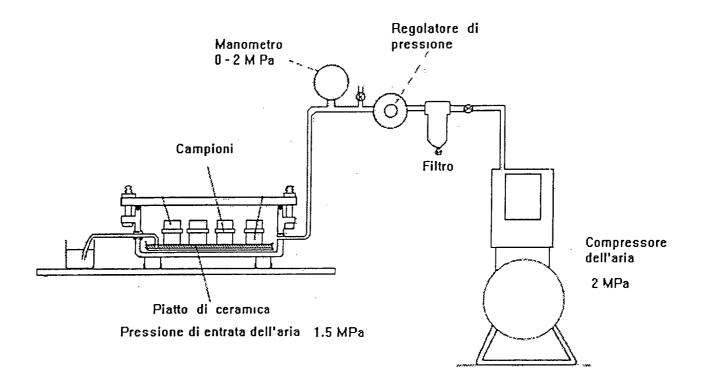
Fig.1 - Schema dell'apparato per le alte pressioni.

Metodo 6

DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA DEL SUOLO SATURO (METODO A PRESSIONE COSTANTE)

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per determinare la conducibilità idraulica di un campione di suolo saturo. Condizione per l'applicabilità di questo metodo è che il flusso d'acqua attraverso un mezzo poroso quale il suolo sia di tipo laminare e unidimensionale. La conducibilità idraulica di un materiale poroso generalmente diminuisce con l'aumento dell'aria nei pori del materiale per cui questo metodo si applica al suolo saturo non contenente virtualmente aria. La permeazione del suolo saturo viene fatta con acqua, ma possono essere usati altri liquidi adottando procedure simili alla quella di seguito descritta che contempla appunto l'uso dell'acqua.

2. Principio

Il metodo si basa sull'applicazione della equazione di Darcy ad una colonna a sezione costante di terreno saturo. Una differenza di pressione costante creata e mantenuta sulla colonna di terreno genera un flusso stazionario di acqua che viene misurato. I campioni di suolo indisturbati, saturati per capillarità mediante letto di sabbia, vengono posti in mezzo a due particolari imbuti in modo che il flusso dell'acqua avvenga dal basso. Mediante la determinazione della quantità di acqua che fuoriesce dall'imbuto superiore per unità di tempo attraverso la superficie del campione è possibile calcolare la conducibilità idraulica in terreno saturo.

3. Apparecchiatura

3.1 Campionatori cilindrici in metallo.
3.2 Permeametro a carico costante.

4. Procedimento

4.1 Campionamento - Le misure di conducibilità idraulica in laboratorio vanno eseguile su campioni di terreno contenuti in cilindri di dimensioni note. Il campione può essere di terreno naturale (campione indisturbato) oppure di terreno rimaneggiato. Nel caso si vogliano valori di conducibilità idraulica rappresentativi del terreno in situ, i campioni devono essere prelevati indisturbati ed in numero appropriato. Per la metodica di prelievo si richiamano alcune norme basilari. Vanno usati anelli cilindrici indeformabili, a pareti comunque sottili, con la circonferenza basale tagliente. I cilindri più usati sono gli anelli di Kopecky (in acciaio, 50 mm di diametro, 51 mm di altezza, spessore della parete 1,5 mm; altre misure comunemente usate sono 57 mm di diametro e 95 mm di altezza). Essi vengono premuti nel terreno evitando il costipamento. Se il terreno è secco ed offre molta resistenza, si può usare un martello di gomma ed una tavoletta di legno, interposta tra esso e il cilindretto. Per campionamenti verticali a profondità diverse occorre prima scavare una buca fino alla profondità di inizio campionamento, indi si posizionerà l'anello su questa superficie e si preleverà il campione. Talvolta il prelievo può essere fatto sulle pareti verticali della buca, per ottenere una conducibilità orizzontale del terreno. In entrambi i casi, quando il bordo superiore dell'anello risulta a livello della superficie della quale si vuole prelevare il campione, con una zappa si preleva una zolla contenente l'anello, e più spessa di esso, avendo cura di non di-

sturbare il campione. Si rimuove delicatamente il terreno in eccesso attorno all'anello e si taglia la parte basale. Se il campionamento avviene al di sotto del livello di falda si deve usare un apposito attrezzo campionatore in un foro precedentemente preparato con una trivella.

4.2 L'apparecchiatura di misura schematizzata in Fig. 1 consiste essenzialmente di un sifone che fornisce l'acqua al di sopra della superficie superiore dei campioni. Viene stabilito un livello di troppo pieno all'altezza necessaria per mantenere il valore di pressione vuoto sul campione, oltre al quale l'acqua fornita dal sifone viene raccolta in un recipiente, e da qui riciclata nel sifone. I campioni da misurare poggiano su di una griglia. Ciascun campione è corredato da una buretta per la misura del volume di acqua passata attraverso di esso in un intervallo di tempo t. Coprire la parte basale del campione con un tessuto a maglie fitte, in modo da trattenere il terreno contenuto nel cilindro ma da non avere una conducibilità idraulica inferiore a quella del terreno e da costituire una interferenza alla misura (una calza di nylon può andare bene). Posizionare in un vassoio a bordi alti i campioni, poggiando sul fondo la base coperta, mettere acqua lentamente fino poco al di sotto del bordo superiore del campione. Lasciare i campioni a saturare per almeno dodici ore, o fino a che si veda la superficie superiore bagnata. Su questa appoggiare un disco di carta da filtro. Al di sopra di ogni cilindro contenente il campione sigillare con nastro adesivo impermeabile un altro anello cilindrico e su questo versare acqua lentamente fino a raggiungere un livello di circa i due terzi dell'altezza. Aiutandosi con una spatola trasferire il campione sulla griglia ed applicare il sifone per mantenere costante la colonna di acqua sul campione. Iniziare la misura del volume di acqua passata al di sotto del campione dopo che si è stabilizzato il tutto, e per un tempo t sufficiente ad avere una quantità di liquido apprezzabile. Quando si è eseguita questa misura, si possono rimuovere i campioni, togliere l'acqua in eccesso, togliere l'anello al di sopra di ciascun campione pesarlo e determinare, con il metodo termo-gravimetrico, il contenuto d'acqua e, successivamente, la massa volumica apparente.

5. Espressione dei risultati

La conducibilità idraulica (Ks) è data da:

$$Ks\ (cm/s) = VL/At(H_2\text{-}H_1)$$

dove V (cm^3) è il volume di acqua passata nell'intervallo di tempo t (s) attraverso la sezione di area A (cm^2) quando la differenza di pressione applicata tra le due basi dell'anello di lunghezza L (cm) è (H_2 - H_1) (cm).

6. Note

Problemi con questo metodo possono essere le bolle d'aria che si formano nell'acqua anche se essa era disaerata all'inizio. La presenza di gas disciolti nell'acqua di rubinetto, altre variazioni dovute all'attività microbica o alla presenza di Na e la presenza di vie preferenziali quali canalicoli prodotti dalla fauna terricola o dalle radici possono produrre variazioni e alterazioni di Ks. A meno che vi siano obbligati motivi per scegliere altre soluzioni, il fluido più idoneo consigliabile potrebbe essere una soluzione deareata 0,005 M di $CaSO_4$ saturata con timol. Il metodo del carico costane non e molto preciso per misurare basse conducibilità idrauliche. Per $Ks < 10^{-5}$ cm/s è piu consigliabile il metodo a perdita di carico (Metodo 7).
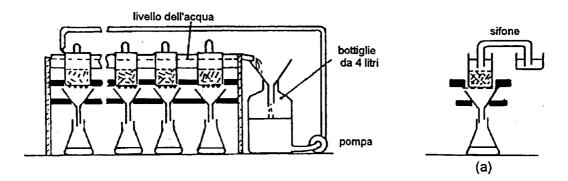
Fig.1 - Apparecchiatura per la misura di Ks con il metodo a pressione costante e del sifone che fornisce l'acqua sui campioni.

Metodo 7
DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA DEL SUOLO SATURO (METODO DELLA PERDITA DI CARICO)

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per determinare la conducibilità idraulica di un campione di suolo saturo. Condizione per l'applicabilità di questo metodo è che il flusso d'acqua attraverso un mezzo poroso quale il suolo sia di tipo laminare e unidimensionale. La conducibilità idraulica di un materiale poroso generalmente diminuisce con l'aumento dell'aria nei pori del materiale per cui questo metodo si applica al suolo saturo non contenente virtualmente aria. La permeazione del suolo saturo viene fatta con acqua, ma possono essere usati altri liquidi adottando procedure simili alla quella di seguito descritta che contempla appunto l'uso dell'acqua.

2. Principio

Il metodo si basa sull'applicazione della equazione di Darcy ad una colonna a sezione costante di terreno saturo. Una differenza di pressione costante creata e mantenuta sulla colonna di terreno genera un flusso stazionario di acqua che viene misurato. I campioni di suolo indisturbati, saturati per capillarità mediante letto di sabbia, vengono posti in mezzo a due particolari imbuti in modo che il flusso dell'acqua avvenga dal basso. Mediante la determinazione della quantità di acqua che fuoriesce dall'imbuto superiore per unità di tempo attraverso la superficie del campione è possibile calcolare la conducibilità idraulica in terreno saturo.

3. Apparecchiatura

3.1 Campionatori cilindrici in metallo.

3.2 Permeametro a carico variabile.

4. Procedimento

4.1 Campionamento - Seguire la stessa procedura descritta nel Metodo 5.

4.2 L'apparecchiatura di misura può essere di diverse tipologie. Ad esempio, in Fig. 1 e riportato lo schema di una semplice attrezzatura. In essa il campione di terreno viene posto tra due piastre porose (a conducibilità idraulica piu elevata di quella presunta del terreno). La piastra inferiore collega il campione ad una buretta, che consente di fornire acqua, e nella quale si può misurare la pressione (o carico) applicata. Il diametro della buretta deve essere scelto in modo che i tempi di misura di variazione di pressione non siano troppo lunghi: un tempo ottimale è nell'ordine delle decine di minuti. La piastra superiore permette di eliminare l'acqua in eccesso. Una bottiglia di Mariotte fornisce acqua al sistema attraverso una valvola a tre vie. Il procedimento di misura consiste nel coprire la sezione basale del cilindretto contenente il campione di terreno con una garza trattenuta da un elastico, nel fare saturare il campione in acqua come indicato nello schema. Quando l'acqua al di sopra del campione raggiunge l'equilibrio, l'acqua viene tolta dalla superficie del campione, ciò causa una differenza di pressione e quindi un flusso verso l'alto attraverso il campione. Si riduce pertanto il carico iniziale ed anche il flusso. La misura della velocità della perdita di carico H_1-H_2 portano alla stima della conducibilità idraulica. Importante per tale metodo è la scelta del diametro dell'indicatore di livello graduato che deve essere fatto in relazione al presunto valore della

conducibilità idraulica. Nella pratica si sceglie tale valore variabile tra 0,2 e 2 cm. Questo metodo, come quello del carico costante, consente, alla fine della misura della conducibilità idraulica, di ottenere anche il valore del contenuto idrico e della massa volumica apparente.

5. Espressione dei risultati

La variazione nel tempo (t) di volume d'acqua (V) che passa attraverso un campione sottoposto ad un carico H è data da:

$$dV/dt = - Ks\ (H/L)$$

ove L, è la lunghezza del campione e Ks è la conducibilità idraulica. Se viene utilizzato un sistema di misura di Ks, come schematizzato in Fig. 1, dV può essere sostituito da a dH, dove a è la sezione della colonnina graduata. Integrando l'equazione precedente tra t_1, H_1 e t_2, H_2 e risolvendo per Ks si ha:

$$Ks = (aL/At)(\ln H_1 / H_2)$$

con A sezione del campione.

6. Note

Problemi con questo metodo possono essere le bolle d'aria che si formano nell'acqua anche se essa era disaerata all'inizio. La presenza di gas disciolti nell'acqua di rubinetto, altre variazioni dovute all'attività microbica o alla presenza di Na e la presenza di vie preferenziali quali canalicoli prodotti dalla fauna terricola o dalle radici possono produrre variazioni e alterazioni di Ks. A meno che vi siano obbligati motivi per scegliere altre soluzioni, il fluido più idoneo consigliabile potrebbe essere una soluzione deareata 0,005 M di $CaSO_4$ saturata con timol. Per misurare basse conducibilità idrauliche ($Ks < 10^{-5}$ cm/s) questo metodo è più consigliabile del metodo a pressione costante (Metodo 6).
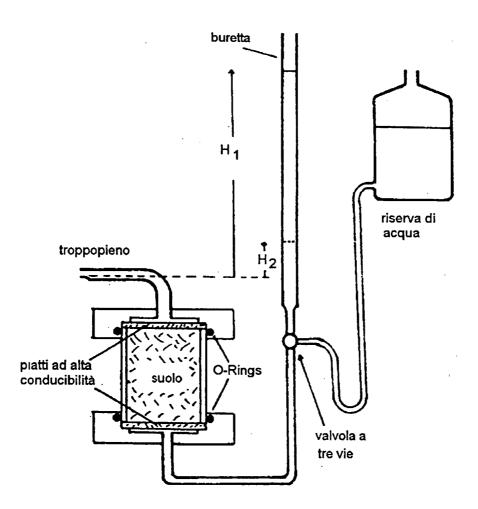
Fig. 1 - Apparecchiatura per la misura di Ks con il metodo della perdita di carico.

Metodo 8

DETERMINAZIONE DELLA MISURA DEL LIVELLO DELLA FALDA

1. Oggetto e campo di applicazione

Descrizione di un metodo per la misura del livello della falda. La conoscenza delle condizioni della falda può essere utile in studi preparatori per il drenaggio, in studi per la valutazione della sensibilità delle aree ed anche per il controllo delle qualità delle acque sotterranee.

2. Principio

La profondità di falda freâtica ipodermica viene determinata tramite la misura diretta del livello dell'acqua libera e a pressione atmosferica all'interno del terreno.

3. Apparecchiatura

3.1 Trivelle.

3.2 Piezometri e/o freatimetri. - I piezometri e/o freatimetri sono costituiti da tubi rigidi (es. PVC) di diametro superiore a 3 cm, aperti alle estremità; la lunghezza deve essere tale da poter raggiungere il livello più profondo atteso per la falda (Fig. 1). Se gli ultimi 50 cm circa di tubo vengono perforati si definiscono freatimetri.

4. Procedimento

4.1 Installazione dei piezometri e/o freatimetri.

I piezometri e/o freatimetri vengono collocati nel terreno in fori preventivamente praticati con trivelle di diametro leggermente maggiore a quello del freatimetro. Lo spazio rimasto tra il terreno e il tubo viene riempito con sabbia grossa. Al fine di evitare che l'acqua si infiltri dalla superficie lungo le pareti esterne del freatimetro, che sporgono di qualche decina di centimetri dal livello del terreno occorre sigillare il tubo al contatto con la parte sommitale del terreno. La sua estremità superiore, infine, viene protetta con un tappo per impedire l'ingresso ad acqua piovana o irrigua, forato per consentire all'aria intrappolata di uscire.

4.2 Misure

4.2.1 Misura manuale.

La misura della profondità della falda puo essere effettuata manualmente con un metro a nastro metallico, alla estremità del quale sia collegato un peso, un galleggiante o una campanella (Fig. 2).

4.2.2 Misura mediante indicatore elettrico.

La misura della profondità della falda puo essere effettuata mediante un conduttore bipolare collegato ad un nastro metrico tra i cui terminali liberi si chiuda un circuito al contatto con la superficie liquida; il momento (ed il livello) in cui si chiude il circuito viene determinato mediante un semplice circuito elettrico costituito da una batteria ed un rilevatore di corrente (Fig. 2). Un ulteriore metodo di misura del livello della falda è basato sulla misura della pressione della colonna d'acqua su di un sensore (Fig. 2). Naturalmente la pressione esercitata dipende sia dalla quantità di acqua che dalla sua massa volumica, che dalla accelerazione di gravità. Essendo quest'ultima costante in presenza della stessa composizione del liquido, la misura dipende effettivamente solo dall'altezza della colonna d'acqua. La lettura del livello superiore della falda va fatto rispetto ad un punto fisso di riferimento.

4.3 Registrazione delle misure.

Esistono diverse possibilità di registrare le variazioni di livello della fal-

da, ad esempio mediante collegamento meccanico con un pennino che lasci una traccia su una striscia di carta posta su di un tamburo ad orologeria, analogamente al meccanismo utilizzato per la strumentazione meteorologica. Per quanto riguarda i sensori del punto 4.2.2, essi danno in uscita un segnale elettrico, e sono perciò tali da poter essere collegati ad un data-logger per misure in continuo.

5. Rete di rilevamento dati di falde

Una rete di punti di rilevamento di livello di falda e della sua variazione nel tempo consente di stabilire la configurazione della superficie di falda, la direzione del movimento dell'acqua e la localizzazione delle aree di ricarica e di svuotamento della falda. I punti di rilevamento per una osservazione ottimale, devono essere scelti in maniera tale da conciliare il massimo dell'informazione con il minimo dei costi sia di installazione che di manutenzione. A tal fine si possono utilizzare alcuni criteri di scelta che consentano un utile compromesso. Di seguito si riportano alcuni dei criteri più diffusi per la scelta del sito di misura. I punti di rilevamento sono consigliati:

1) nelle aree caratterizzate da falde superficiali (1 o 2 m sotto la superficie del terreno) o con previste notevoli variazioni di livello di falda;

2) lungo e perpendicolarmente alle linee di flusso dell'acqua di falda.

Per quanto riguarda la densità dei punti di rilevamento, non ci sono regole fisse in quanto molto dipende dalle condizioni geologiche, topografiche ed idrologiche della zona da studiare, nonché dal tipo di indagine da effettuare. La seguente tabella dà un criterio di massima per aree superiori ai 100 ha:

Superficie	Numero di osservazioni
100 ha	20
1000 ha	40
10000 ha	100
100000 ha	300

Tale criterio, solo indicativo, vale per zone molto uniformi. È ovvio che i punti di osservazione andranno infittiti ad esempio nelle zone di ricarica della falda o nel caso di uso agrario del territorio per indagini relative a lavori di drenaggio, ecc.

6. Espressione dei risultati

Tutte le misure di livello di falda vanno riferite ad un piano quotato (piano di riferimento) ma possono sempre essere convertite in :

- profondità dalla superficie del terreno;
- quota al di sopra (o al di sotto) del livello del mare.

7. Note

La frequenza delle misure di livello dipende dal tipo di uso dei dati. Per un'indagine territoriale una lettura ogni due settimane può essere ottimale, mentre per seguire un bilancio idrico di un terreno è consigliabile ogni settimana. Per indagini diverse quali prelievo di acqua per analisi o per misurare caratteristiche idrologiche del terreno come la conducibilità idraulica, il fronte di avanzamento della percolazione, ecc. occorrerà infittire le misure fino ad arrivare a misure orarie o continue mediante automatismi dei quali si è accennato nel paragrafo 4.
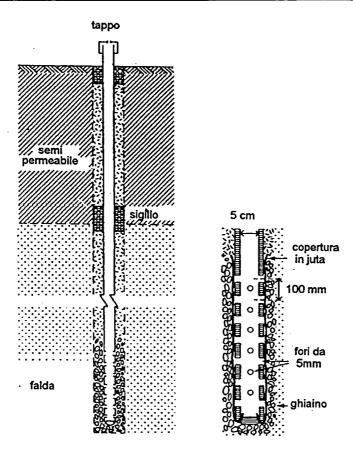
Fig. 1 - Sezione di un piezometro (a) e di un freatimetro (b).
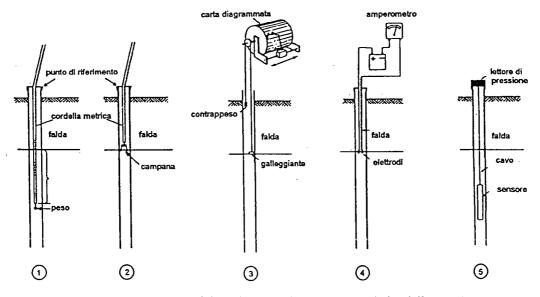
Fig. 2 - Diversi metodi di misura del livello della falda freatica. 1) Cordella metrica zavorrata; 2) cordella metrica con segnalatore acustico a campana; 3) cordella metrica con galleggiante ed eventuale registratore della misura di livello; 4) cavo elettrico con elettrodi terminali scoperti; 5) sensore di livello a pressione.

97A6592

DOMENICO CORTESANI, *direttore*

FRANCESCO NOCITA, *redattore*
ALFONSO ANDRIANI, *vice redattore*

(9652396) Roma - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - S.

ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO

LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE

ABRUZZO

◇ **CHIETI**
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Via A. Herio, 21

◇ **L'AQUILA**
LIBRERIA LA LUNA
Viale Persichetti, 9/A

◇ **LANCIANO**
LITOLIBROCARTA
Via Ferro di Cavallo, 43

◇ **PESCARA**
LIBRERIA COSTANTINI DIDATTICA
Corso V. Emanuele, 146
LIBRERIA DELL'UNIVERSITÀ
Via Galilei (ang. via Gramsci)

◇ **SULMONA**
LIBRERIA UFFICIO IN
Circonvallazione Occidentale, 10

BASILICATA

◇ **MATERA**
LIBRERIA MONTEMURRO
Via delle Beccherie, 69

◇ **POTENZA**
LIBRERIA PAGGI ROSA
Via Pretoria

CALABRIA

◇ **CATANZARO**
LIBRERIA NISTICÒ
Via A. Daniele, 27

◇ **COSENZA**
LIBRERIA DOMUS
Via Monte Santo, 51/53

◇ **PALMI**
LIBRERIA IL TEMPERINO
Via Roma, 31

◇ **REGGIO CALABRIA**
LIBRERIA L'UFFICIO
Via B. Buozzi, 23/A/B/C

◇ **VIBO VALENTIA**
LIBRERIA AZZURRA
Corso V. Emanuele III

CAMPANIA

◇ **ANGRI**
CARTOLIBRERIA AMATO
Via dei Goti, 11

◇ **AVELLINO**
LIBRERIA GUIDA 3
Via Vasto, 15
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Via Matteotti, 30/32
CARTOLIBRERIA CESA
Via G. Nappi, 47

◇ **BENEVENTO**
LIBRERIA LA GIUDIZIARIA
Via F. Paga, 11
LIBRERIA MASONE
Viale Rettori, 71

◇ **CASERTA**
LIBRERIA GUIDA 3
Via Caduti sul Lavoro, 29/33

◇ **CASTELLAMMARE DI STABIA**
LINEA SCUOLA S.a.s.
Via Raiola, 69/D

◇ **CAVA DEI TIRRENI**
LIBRERIA RONDINELLA
Corso Umberto I, 253

◇ **ISCHIA PORTO**
LIBRERIA GUIDA 3
Via Sogliuzzo

◇ **NAPOLI**
LIBRERIA L'ATENEO
Viale Augusto, 168/170
LIBRERIA GUIDA 1
Via Portalba, 20/23
LIBRERIA GUIDA 2
Via Merliani, 118
LIBRERIA I.B.S.
Salita del Casale, 18
LIBRERIA LEGISLATIVA MAJOLO
Via Caravita, 30
LIBRERIA TRAMA
Piazza Cavour, 75

◇ **NOCERA INFERIORE**
LIBRERIA LEGISLATIVA CRISCUOLO
Via Fava, 51;

◇ **POLLA**
CARTOLIBRERIA GM
Via Crispi

◇ **SALERNO**
LIBRERIA GUIDA
Corso Garibaldi, 142

EMILIA-ROMAGNA

◇ **BOLOGNA**
LIBRERIA GIURIDICA CERUTI
Piazza Tribunali, 5/F
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Via Castiglione, 1/C
EDINFORM S.a.s.
Via Farini, 27

◇ **CARPI**
LIBRERIA BULGARELLI
Corso S. Cabassi, 15

◇ **CESENA**
LIBRERIA BETTINI
Via Vescovado, 5

◇ **FERRARA**
LIBRERIA PASELLO
Via Canonica, 16/18

◇ **FORLÌ**
LIBRERIA CAPPELLI
Via Lazzaretto, 51
LIBRERIA MODERNA
Corso A. Diaz, 12

◇ **MODENA**
LIBRERIA GOLIARDICA
Via Emilia, 210

◇ **PARMA**
LIBRERIA PIROLA PARMA
Via Farini, 34/D

◇ **PIACENZA**
NUOVA TIPOGRAFIA DEL MAINO
Via Quattro Novembre, 160

◇ **RAVENNA**
LIBRERIA RINASCITA
Via IV Novembre, 7

◇ **REGGIO EMILIA**
LIBRERIA MODERNA
Via Farini, 1/M

◇ **RIMINI**
LIBRERIA DEL PROFESSIONISTA
Via XXII Giugno, 3

FRIULI-VENEZIA GIULIA

◇ **GORIZIA**
CARTOLIBRERIA ANTONINI
Via Mazzini, 16

◇ **PORDENONE**
LIBRERIA MINERVA
Piazzale XX Settembre, 22/A

◇ **TRIESTE**
LIBRERIA EDIZIONI LINT
Via Romagna, 30
LIBRERIA TERGESTE
Piazza Borsa, 15 (gall. Tergesteo)

◇ **UDINE**
LIBRERIA BENEDETTI
Via Mercatovecchio, 13
LIBRERIA TARANTOLA
Via Vittorio Veneto, 20

LAZIO

◇ **FROSINONE**
CARTOLIBRERIA LE MUSE
Via Marittima, 15

◇ **LATINA**
LIBRERIA GIURIDICA LA FORENSE
Viale dello Statuto, 28/30

◇ **RIETI**
LIBRERIA LA CENTRALE
Piazza V. Emanuele, 8

◇ **ROMA**
LIBRERIA DE MIRANDA
Viale G. Cesare, 51/E-F-G
LIBRERIA GABRIELE MARIA GRAZIA
c/o Pretura Civile, piazzale Clodio
LA CONTABILE
Via Tuscolana, 1027
LIBRERIA IL TRITONE
Via Tritone, 61/A
LIBRERIA L'UNIVERSITARIA
Viale Ippocrate, 99
LIBRERIA ECONOMICO GIURIDICA
Via S. Maria Maggiore, 121
CARTOLIBRERIA MASSACCESI
Viale Manzoni, 53/C-D
LIBRERIA MEDICHINI
Via Marcantonio Colonna, 68/70

◇ **SORA**
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Via Abruzzo, 4

◇ **TIVOLI**
LIBRERIA MANNELLI
Viale Mannelli, 10

◇ **VITERBO**
LIBRERIA DE SANTIS
Via Venezia Giulia, 5
LIBRERIA "AR"
Palazzo Uffici Finanziari - Pietrare

LIGURIA

◇ **CHIAVARI**
CARTOLERIA GIORGINI
Piazza N.S. dell'Orto, 37/38

◇ **GENOVA**
LIBRERIA GIURIDICA BALDARO
Via XII Ottobre, 172/R

◇ **IMPERIA**
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Viale Matteotti, 43/A-45

◇ **LA SPEZIA**
CARTOLIBRERIA CENTRALE
Via dei Colli, 5

LOMBARDIA

◇ **BERGAMO**
LIBRERIA ANTICA E MODERNA
LORENZELLI
Viale Giovanni XXIII, 74

◇ **BRESCIA**
LIBRERIA QUERINIANA
Via Trieste, 13

◇ **BRESSO**
CARTOLIBRERIA CORRIDONI
Via Corrdoni, 11

◇ **BUSTO ARSIZIO**
CARTOLIBRERIA CENTRALE BORAGNO
Via Milano, 4

◇ **COMO**
LIBRERIA GIURIDICA BERNASCONI
Via Mentana, 15
NANI LIBRI E CARTE
Via Cairoli, 14

◇ **CREMONA**
LIBRERIA DEL CONVEGNO
Corso Campi, 72

◇ **GALLARATE**
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Piazza Risorgimento, 10
LIBRERIA TOP OFFICE
Via Torino, 8

◇ **LECCO**
LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI
Corso Mart. Liberazione, 100/A

◇ **LODI**
LA LIBRERIA S.a.s.
Via Defendente, 32

◇ **MANTOVA**
LIBRERIA ADAMO DI PELLEGRINI
Corso Umberto I, 32

◇ **MILANO**
LIBRERIA CONCESSIONARIA
IPZS-CALABRESE
Galleria V. Emanuele II, 15

◇ **MONZA**
LIBRERIA DELL'ARENGARIO
Via Mapelli, 4

◇ **SONDRIO**
LIBRERIA MAC
Via Caimi, 14

Segue: **LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE**

◇ **VARESE**
LIBRERIA PIROLA DI MITRANO
Via Albuzzi, 8

MARCHE

◇ **ANCONA**
LIBRERIA FOGOLA
Piazza Cavour, 4/5/6
◇ **ASCOLI PICENO**
LIBRERIA PROSPERI
Largo Crivelli, 8
◇ **MACERATA**
LIBRERIA UNIVERSITARIA
Via Don Minzoni, 6
◇ **PESARO**
LIBRERIA PROFESSIONALE MARCHIGIANA
Via Mameli, 34
◇ **S. BENEDETTO DEL TRONTO**
LA BIBLIOFILA
Viale De Gasperi, 22

MOLISE

◇ **CAMPOBASSO**
CENTRO LIBRARIO MOLISANO
Viale Manzoni, 81/83
LIBRERIA GIURIDICA DI.E.M.
Via Capriglione, 42-44

PIEMONTE

◇ **ALBA**
CASA EDITRICE ICAP
Via Vittorio Emanuele, 19
◇ **ALESSANDRIA**
LIBRERIA INTERNAZIONALE BERTOLOTTI
Corso Roma, 122
◇ **ASTI**
LIBRERIA BORELLI
Corso V. Alfieri, 364
◇ **BIELLA**
LIBRERIA GIOVANNACCI
Via Italia, 14
◇ **CUNEO**
CASA EDITRICE ICAP
Piazza dei Galimberti, 10
◇ **NOVARA**
EDIZIONI PIROLA E MODULISTICA
Via Costa, 32
◇ **TORINO**
CARTIERE MILIANI FABRIANO
Via Cavour, 17
◇ **VERBANIA**
LIBRERIA MARGAROLI
Corso Mameli, 55 - Intra

PUGLIA

◇ **ALTAMURA**
LIBRERIA JOLLY CART
Corso V. Emanuele, 16
◇ **BARI**
CARTOLIBRERIA QUINTILIANO
Via Arcidiacono Giovanni, 9
LIBRERIA PALOMAR
Via P. Amedeo, 176/B
LIBRERIA LATERZA GIUSEPPE & FIGLI
Via Sparano, 134
LIBRERIA FRATELLI LATERZA
Via Crisanzio, 16
◇ **BRINDISI**
LIBRERIA PIAZZO
Piazza Vittoria, 4
◇ **CERIGNOLA**
LIBRERIA VASCIAVEO
Via Gubbio, 14
◇ **FOGGIA**
LIBRERIA ANTONIO PATIERNO
Via Dante, 21
◇ **LECCE**
LIBRERIA LECCE SPAZIO VIVO
Via Palmieri, 30
◇ **MANFREDONIA**
LIBRERIA IL PAPIRO
Corso Manfredi, 126
◇ **MOLFETTA**
LIBRERIA IL GHIGNO
Via Campanella, 24

◇ **TARANTO**
LIBRERIA FUMAROLA
Corso Italia, 229

SARDEGNA

◇ **CAGLIARI**
LIBRERIA F.LLI DESSÌ
Corso V. Emanuele, 30/32
◇ **ORISTANO**
LIBRERIA CANU
Corso Umberto I, 19
◇ **SASSARI**
LIBRERIA AKA
Via Roma, 42
LIBRERIA MESSAGGERIE SARDE
Piazza Castello, 11

SICILIA

◇ **ACIREALE**
CARTOLIBRERIA BONANNO
Via Vittorio Emanuele, 194
LIBRERIA S.G.C. ESSEGICI S.a.s.
Via Caronda, 8/10
◇ **AGRIGENTO**
TUTTO SHOPPING
Via Panoramica dei Templi, 17
◇ **ALCAMO**
LIBRERIA PIPITONE
Viale Europa, 61
◇ **CALTANISSETTA**
LIBRERIA SCIASCIA
Corso Umberto I, 111
◇ **CASTELVETRANO**
CARTOLIBRERIA MAROTTA & CALIA
Via Q. Sella, 106/108
◇ **CATANIA**
LIBRERIA ARLIA
Via Vittorio Emanuele, 62
LIBRERIA LA PAGLIA
Via Etnea, 393
LIBRERIA ESSEGICI
Via F. Riso, 56
◇ **ENNA**
LIBRERIA BUSCEMI
Piazza Vittorio Emanuele, 19
◇ **GIARRE**
LIBRERIA LA SENORITA
Corso Italia, 132/134
◇ **MESSINA**
LIBRERIA PIROLA MESSINA
Corso Cavour, 55
◇ **PALERMO**
LIBRERIA CICALA INGUAGGIATO
Via Villaermosa, 28
LIBRERIA FORENSE
Via Maqueda, 185
LIBRERIA MERCURIO LI.CA.M.
Piazza S. G. Bosco, 3
LIBRERIA S.F. FLACCOVIO
Piazza V. E. Orlando, 15/19
LIBRERIA S.F. FLACCOVIO
Via Ruggero Settimo, 37
LIBRERIA FLACCOVIO DARIO
Viale Ausonia, 70
LIBRERIA SCHOOL SERVICE
Via Galletti, 225
◇ **S. GIOVANNI LA PUNTA**
LIBRERIA DI LORENZO
Via Roma, 259
◇ **TRAPANI**
LIBRERIA LO BUE
Via Cascio Cortese, 8
LIBRERIA GIURIDICA DI SAFINA
Corso Italia, 81

TOSCANA

◇ **AREZZO**
LIBRERIA PELLEGRINI
Via Cavour, 42
◇ **FIRENZE**
LIBRERIA ALFANI
Via Alfani, 84/86 R
LIBRERIA MARZOCCO
Via de' Martelli, 22 R
LIBRERIA PIROLA «già Etruria»
Via Cavour, 46 R
◇ **GROSSETO**
NUOVA LIBRERIA S.n.c.
Via Mille, 6/A
◇ **LIVORNO**
LIBRERIA AMEDEO NUOVA
Corso Amedeo, 23/27
LIBRERIA IL PENTAFOGLIO
Via Fiorenza, 4/B
◇ **LUCCA**
LIBRERIA BARONI ADRI
Via S. Paolino, 45/47
LIBRERIA SESTANTE
Via Montanara, 37
◇ **MASSA**
LIBRERIA IL MAGGIOLINO
Via Europa, 19
◇ **PISA**
LIBRERIA VALLERINI
Via dei Mille, 13
◇ **PISTOIA**
LIBRERIA UNIVERSITARIA TURELLI
Via Macallè, 37
◇ **PRATO**
LIBRERIA GORI
Via Ricasoli, 25
◇ **SIENA**
LIBRERIA TICCI
Via Terme, 5/7
◇ **VIAREGGIO**
LIBRERIA IL MAGGIOLINO
Via Puccini, 38

TRENTINO-ALTO ADIGE

◇ **BOLZANO**
LIBRERIA EUROPA
Corso Italia, 6
◇ **TRENTO**
LIBRERIA DISERTORI
Via Diaz, 11

UMBRIA

◇ **FOLIGNO**
LIBRERIA LUNA
Via Gramsci, 41
◇ **PERUGIA**
LIBRERIA SIMONELLI
Corso Vannucci, 82
LIBRERIA LA FONTANA
Via Sicilia, 53
◇ **TERNI**
LIBRERIA ALTEROCCA
Corso Tacito, 29

VENETO

◇ **CONEGLIANO**
CARTOLERIA CANOVA
Corso Mazzini, 7
◇ **PADOVA**
IL LIBRACCIO
Via Portello, 42
LIBRERIA DIEGO VALERI
Via Roma, 114
◇ **ROVIGO**
CARTOLIBRERIA PAVANELLO
Piazza V. Emanuele, 2
◇ **TREVISO**
CARTOLIBRERIA CANOVA
Via Calmaggiore, 31
◇ **VENEZIA**
CENTRO DIFFUSIONE PRODOTTI I.P.Z.S.
S. Marco 1893/B - Campo S. Fantin
LIBRERIA GOLDONI
Via S. Marco 4742/43
◇ **VERONA**
LIBRERIA GIURIDICA EDITRICE
Via Costa, 5
LIBRERIA GROSSO GHELFI BARBATO
Via G. Carducci, 44
LIBRERIA L.E.G.I.S.
Via Adigetto, 43
◇ **VICENZA**
LIBRERIA GALLA 1880
Corso Palladio, 11

MODALITÀ PER LA VENDITA

La «Gazzetta Ufficiale» e tutte le altre pubblicazioni ufficiali sono in vendita al pubblico:

- **presso le Agenzie dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato in ROMA: piazza G. Verdi, 10 e via Cavour, 102;**
- **presso le Librerie concessionarie indicate nelle pagine precedenti.**

Le richieste per corrispondenza devono essere inviate all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Direzione Marketing e Commerciale - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 Roma, versando l'importo, maggiorato delle spese di spedizione, a mezzo del c/c postale n. 387001. Le inserzioni, come da norme riportate nella testata della parte seconda, si ricevono con pagamento anticipato, presso le agenzie in Roma e presso le librerie concessionarie.

PREZZI E CONDIZIONI DI ABBONAMENTO - 1997

Gli abbonamenti annuali hanno decorrenza dal 1° gennaio e termine al 31 dicembre 1997
i semestrali dal 1° gennaio al 30 giugno 1997 e dal 1° luglio al 31 dicembre 1997

PARTE PRIMA - SERIE GENERALE E SERIE SPECIALI
Ogni tipo di abbonamento comprende gli indici mensili

Tipo A - Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari:

- annuale	L.	440.000
- semestrale	L.	250.000

Tipo A1 - Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i soli supplementi ordinari contenenti i provvedimenti legislativi:

- annuale	L.	360.000
- *semestrale*	L.	200.000

Tipo A2 - Abbonamento ai supplementi ordinari contenenti i soli provvedimenti non legislativi:

- annuale	L.	100.000
- semestrale	L.	60.000

Tipo B - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti dei giudizi davanti alla Corte costituzionale:

- annuale	L.	92.500
- semestrale	L.	60.500

Tipo C - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti delle Comunità europee:

- annuale	L.	236.000
- semestrale	L.	130.000

Tipo D - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata alle leggi ed ai regolamenti regionali:

- annuale	L.	92.000
- semestrale	L.	59.000

Tipo E - Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata ai concorsi indetti dallo Stato e dalle altre pubbliche amministrazioni:

- annuale	L.	231.000
- semestrale	L.	126.000

Tipo F - Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari, ed ai fascicoli delle quattro serie speciali:

- annuale	L.	950.000
- semestrale	L.	514.000

Tipo F1 - Abbonamento ai fascicoli della serie generale *inclusi* i supplementi *ordinari* contenenti i provvedimenti legislativi e ai fascicoli delle quattro serie speciali (escluso tipo A2):

- annuale	L.	850.000
- semestrale	L.	450.000

Integrando con la somma di **L. 125.000** *il versamento relativo al tipo di abbonamento della* Gazzetta Ufficiale, *parte prima, prescelto si riceverà anche l'Indice repertorio annuale cronologico per materie 1997.*

Prezzo di vendita di un fascicolo della *serie generale*	L.	1.500
Prezzo di vendita di un fascicolo delle *serie speciali I, II e III*, ogni 16 pagine o frazione	L.	1.500
Prezzo di vendita di un fascicolo della *IV serie speciale Concorsi ed esami*	L.	2.800
Prezzo di vendita di un fascicolo *indici mensili*, ogni 16 pagine o frazione	L.	1.500
Supplementi ordinari per la vendita a fascicoli separati, ogni 16 pagine o frazione	L.	1.500
Supplementi straordinari per la vendita a fascicoli separati, ogni 16 pagine o frazione	L.	1.500

Supplemento straordinario «Bollettino delle estrazioni»

Abbonamento annuale	L.	140.000
Prezzo di vendita di un fascicolo ogni 16 *pagine o frazione*	L.	1.500

Supplemento straordinario «Conto riassuntivo del Tesoro»

Abbonamento annuale	L.	91.000
Prezzo di vendita di un fascicolo	L.	8.000

Gazzetta Ufficiale su MICROFICHES - 1997
(Serie generale - Supplementi ordinari - Serie speciali)

Abbonamento annuo (52 spedizioni raccomandate settimanali)	L.	1.300.000
Vendita singola: ogni microfiches contiene fino a 96 pagine di Gazzetta Ufficiale	L.	1.500
Contributo spese per imballaggio e spedizione raccomandata (da 1 a 10 microfiches)	L.	4.000

N.B. — Per l'estero i suddetti prezzi sono aumentati del 30%.

PARTE SECONDA - INSERZIONI

Abbonamento annuale	L.	410.000
Abbonamento semestrale	L.	245.000
Prezzo di vendita di un fascicolo, ogni 16 pagine o frazione	L.	1.550

I prezzi di vendita, in abbonamento ed a fascicoli separati, per l'estero, *nonché quelli di vendita dei fascicoli delle* annate arretrate, *compresi i supplementi ordinari e straordinari, sono* raddoppiati.

L'importo degli abbonamenti deve essere versato sul c/c postale n. 387001 intestato all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. L'invio dei fascicoli disguidati, che devono essere richiesti entro 30 giorni dalla data di pubblicazione, è subordinato alla trasmissione dei dati riportati sulla relativa fascetta di abbonamento.

Per informazioni o prenotazioni rivolgersi all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 ROMA
abbonamenti ☎ (06) 85082149/85082221 - vendita pubblicazioni ☎ (06) 85082150/85082276 - inserzioni ☎ (06) 85082146/85082189

* 4 1 1 2 5 0 2 0 4 0 9 7 *

L. 3.000